

REC'D 04 APR 2003

REC'D PCT/PTO 30 JUN 2004

WIPO

PCT

PCT/JP03/01193

日 本 国 特 許 庁

JAPAN PATENT OFFICE

05.02.03

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。 #2

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 2月 7日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-030391

[ST.10/C]:

[JP2002-030391]

出 願 人

Applicant(s):

日本電気株式会社

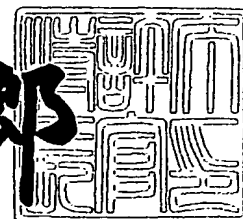
**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2003年 3月18日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3017481

【書類名】 特許願

【整理番号】 34803772

【提出日】 平成14年 2月 7日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G11B 7/00
G11B 20/10

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内

 【氏名】 大久保 修一

【特許出願人】

 【識別番号】 000004237

 【氏名又は名称】 日本電気株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100096253

 【住所又は居所】 東京都台東区東上野一丁目 1 9 番 1 2 号 偕楽ビル

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 尾身 祐助

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 003399

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

 【包括委任状番号】 9002137

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光学情報の記録再生方法および記録再生装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 クロック周期に同期した記録信号を基礎として生成された記録パルス波形のレーザ光を光記録再生装置に載置された光記録媒体に照射して前記光記録媒体のトラックに記録マーク群を形成し、前記記録マーク群を読み出すことによって再生波形を得る光学情報の記録再生方法において、前記再生波形をサンプリングしたサンプリング値から前記クロック周期毎の前記再生波形の時系列データを導出し、前記再生波形および前記記録信号を、それぞれ、次のように時系列データ $[y_0, y_1, \dots, y_k, \dots, y_{n-1}, y_n]$ 、 $[a_0, a_1, \dots, a_k, \dots, a_{n-1}, a_n]$ (n は 0 以上の整数、 k は $0 \leq k \leq n$ を満たす整数) であらわし、 ε 、 R および h_i (i は $0 \leq i \leq k$ を満たす整数) を下記式 (1)、式 (2) で定義したとき、前記 h_i に適当な値を代入することによって前記 ε の値を求め、前記 ε の値が最小となるように記録パルス波形を調整するか、あるいは、前記 h_i に適当な値を代入することによって前記 R の値を求め、前記 R の値が最大となるように記録パルス波形を調整する光学情報の記録再生方法であって、同一の記録パルス波形を記録再生して得られる複数の再生波形をサンプリングしたサンプリング値を平均化する過程を有することを特徴とする光学情報の記録再生方法。

【請求項 2】 クロック周期に同期した記録信号を基礎として生成された記録パルス波形のレーザ光を光記録再生装置に載置された光記録媒体に照射して前記光記録媒体のトラックに記録マーク群を形成し、前記記録マーク群を読み出すことによって再生波形を得る光学情報の記録再生方法において、前記再生波形をサンプリングしたサンプリング値から前記クロック周期毎の前記再生波形の時系列データを導出し、前記再生波形および前記記録信号を、それぞれ、次のように時系列データ $[y_0, y_1, \dots, y_k, \dots, y_{n-1}, y_n]$ 、 $[a_0, a_1, \dots, a_k, \dots, a_{n-1}, a_n]$ (n は 0 以上の整数、 k は $0 \leq k \leq n$ を満たす整数) であらわし、 R および h_i (i は $0 \leq i \leq k$ を満たす整数) を下記式 (2) で定義したとき、一記録パルス波形に対し前記 h_i に適当な値を代入すること

によって前記Rの最大値 R_{max} を求める光学情報の記録再生方法であって、前記レーザ光のビーム径を w 、前記記録マーク群の中で最も短い記録マークの長さを L としたとき、 $10 \times \log_{10} R_{max} \geq 21 - 20 (L/w)$ の関係が満足される光学情報の記録再生方法。

【請求項3】 同一の記録パルス波形を記録再生して得られる複数個の再生波形をサンプリングしたサンプリング値を平均化する過程を有することを特徴とする請求項2に記載の光学情報の記録再生方法。

【請求項4】 前記 ε の最小値または前記Rの最大値が、最小二乗法を用いて決定されることを特徴とする請求項1から3のいずれかに記載の光学情報の記録再生方法。

【請求項5】 前記複数個の再生波形が、同一の記録パルス波形を有するレーザ光を前記光記録媒体に複数回照射して前記光記録媒体に形成される複数個の記録マーク群を再生した再生波形であることを特徴とする請求項1、3または4に記載の光学情報の記録再生方法。

【請求項6】 前記複数個の記録マーク群が、前記光記録媒体の同一トラックに形成されることを特徴とする請求項5に記載の光学情報の記録再生方法。

【請求項7】 前記複数個の再生波形が、3個以上の再生波形であることを特徴とする請求項1、3から6のいずれかに記載の光学情報の記録再生方法。

【請求項8】 前記サンプリングの周期が、前記クロック周期よりも短いことを特徴とする請求項1から7のいずれかに記載の光学情報の記録再生方法。

【請求項9】 前記クロック周期毎の再生波形の時系列データが、前記クロック周期よりも短い前記サンプリングの周期でサンプリングして得られた前記再生波形のサンプリング値を補間することによって得られることを特徴とする請求項8に記載の光学情報の記録再生方法。

【請求項10】 前記レーザ光の出力パワーを調整する過程を有することを特徴とする請求項1から9のいずれかに記載の光学情報の記録再生方法。

【請求項11】 前記記録データの長さが、200ビット以下であることを特徴とする請求項1から10のいずれかに記載の光学情報の記録再生方法。

【請求項12】 前記記録データが、前記光記録再生装置に入力されるデジ

タル信号が R L L (Run Length Limited) 符号化された後、N R Z I (NonReturn-to-Zero-Inverted) 変調符号化されたデータであることを特徴とする請求項 1 から 11 のいずれかに記載の光学情報の記録再生方法。

【請求項 13】 前記記録信号の前に、レベル '1' にある期間が、前記記録信号がレベル '1' にある単独期間と異なる基準データが付加されていることを特徴とする請求項 1 から 12 のいずれかに記載の光学情報の記録再生方法。

【請求項 14】 光記録媒体にレーザ光を照射しその反射光を受光する光ヘッドと、

前記レーザの出力光強度を変化させるレーザ駆動部と、

複数の同一記録信号を記録パルス波形に変換しこれを前記レーザ駆動部に伝達する機能と、前記複数の同一記録信号に基づく記録パルス波形により光記憶媒体に記録された記録マークの再生波形を平均化する機能と、平均化された再生波形から定められるパルス応答および前記記録信号の畳み込みで求められる波形と前記平均化された再生波形との差が最も小さくなるように記録パルス波形を調整して最適な記録パルス波形を求める機能と、を備えた制御部と、
を有する光学情報の記録再生装置。

【請求項 15】 平均化の対象となる再生波形が 3 以上であることを特徴とする請求項 14 記載の光学情報の記録再生装置。

【請求項 16】 光記録媒体にレーザ光を照射しその反射光を受光する光ヘッドと、

前記レーザの出力光強度を変化させるレーザ駆動部と、

記録信号を記録パルス波形に変換しこれを前記レーザ駆動部に伝達する機能と、前記光ヘッドと前記レーザ駆動部を介して前記記録信号に基づく記録パルス波形により光記憶媒体に記録された記録マークの再生波形を入手する機能と、前記再生波形の時系列データを導出し、前記再生波形および前記記録信号を、それぞれ、次のように時系列データ $[y_0, y_1, \dots, y_k, \dots, y_{n-1}, y_n]$ 、 $[a_0, a_1, \dots, a_k, \dots, a_{n-1}, a_n]$ (n は正の整数、 k は $0 \leq k \leq n$ を満たす整数) であらわし、 R および h_i (i は $0 \leq i \leq k$ を満たす整数) を下記式 (2) で定義したとき、一記録パルス波形に対し前記 h_i に適当な値を代入

することによって前記Rの最大値Rmaxを求める機能と、を備えた制御部と、を有する光学情報の記録再生装置において、前記制御部は、前記レーザ光のビーム径をw、前記記録マーク群の中で最も短い記録マークの長さをLとしたとき、対数表示されたRmaxが、対数表示Rを縦軸、L/wを横軸とする対数表示R-L/w平面上で特定の直線より上に存在するように記録パルス波形を決定する機能がさらに備えられていること特徴とする光学情報の記録再生装置。

【請求項17】 前記記録パルス波形を決定する機能は、 $10 \times \log_{10} R_{\max} \geq 21 - 20 (L/w)$ の関係が満足されるように前記記録パルス波形を決定する機能であることを特徴とする請求項16に記載の光学情報の記録再生装置。

【請求項18】 前記記録信号を記録パルス波形に変換する機能には、複数の同一の記録信号を記録パルス波形に変換する機能が含まれ、前記再生波形を入手する機能には、同一の記録パルス波形を再生して得られる複数個の再生波形を平均化する機能が含まれていることを特徴とする請求項16または17に記載の光学情報の記録再生装置。

【数1】

$$\varepsilon = \sum_k (y_k - \sum_i a_{k-i} \times h_i)^2 \quad \dots\dots (1)$$

【数2】

$$R = \sum_k y_k^2 / \sum_k (y_k - \sum_i a_{k-i} \times h_i)^2 \quad \dots\dots (2)$$

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光記録媒体に対してレーザ光の照射により情報の記録及び再生を行う光学情報の記録方法および記録装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

光記録媒体として、光磁気ディスクや相変化光ディスク等の書き換え型光ディ

スクがある。これらの光記録媒体に記録データを記録する際の代表的な記録方式として、記録マークの位置に情報を持たせるマークポジション記録と、記録マークの前端及び後端それぞれに情報を持たせるマークエッジ記録とがある。

【 0 0 0 3 】

マークエッジ記録は、高密度化に適した記録方式であるが、再生時に記録データを忠実に再生できるように、記録マークの長さを高精度に制御しなければならない。光磁気ディスクや相変化光ディスクにおける記録マークの長さは、レーザ光照射に起因した記録膜の温度上昇により決定される。また、光ディスクにレーザ光を照射した際の温度上昇は、ディスクの構成や線速により大きく変化する。

光記録媒体に記録データを記録する際、記録データ波形を複数の短パルスに分割して記録を行う記録技術、いわゆる記録ストラテジ技術が一般に用いられる。温度上昇量を制御してマーク長を高精度に制御するには、この複数の短パルスに分割された記録パルス波形（レーザ変調パルス波形）における各パルスの強度や幅を線速やディスク構成に応じて最適化する必要がある。パルス幅やパルス間隔などの記録ストラテジを最適化する方法の一例が、「信学技報MR 9 3 - 5 5、CPM 9 3 - 1 0 7、1 3 - 1 8 頁、1 9 9 3 年」に記載されている。この方法では、基準マークから被測定マークの前端及び後端までの長さ（時間）が計測され、記録パルス波形の照射開始位置やパルス幅が決定される。

【 0 0 0 4 】

しかしながら、高密度化がより進み、ディスク上に記録される記録マーク長が短くなっていくにつれ、再生波形の信号振幅が低下し、記録マーク測定のためのスライサのスライスレベルよりも低くなってしまいう事態も発生する。その結果、被測定マークの前端及び後端の位置を精度良く測定することができなくなるので、上述のような従来技術では、記録ストラテジの最適化を行うことが困難となってしまう。

【 0 0 0 5 】

高記録密度条件下において記録ストラテジを最適化する手法として、特開 2 0 0 1 - 1 2 6 2 6 0 号公報に、記録再生系が線形であるとして、再生波形からパルス応答を導出して記録ストラテジを最適化する手法が提案されている。この従

来技術によれば、ある記録パルス波形を用いたときに、次式で表される ε' を最小とする h_j が、パルス応答の時系列データとして求められる。

【0006】

【数3】

$$\varepsilon' = \sum_1 (y_1 - \sum_j a_{1-j} \times h_j)^2$$

【0007】

ここで、 a_1 は記録データ、 y_1 は再生波形を記録データのクロック周波数でサンプリングして得られる時系列データである。 j の範囲は、時系列データ h_j が零でない有限の大きさを取る範囲で定まり、また、 1 は、再生波形の時系列データの全数で定まる。次に、記録パルス波形を変化させて、同様に、それぞれの記録パルス波形における h_j および ε' の最小値を導出し、 ε' の最小値のうちの最も小さい値を与える記録パルス波形が最適な記録パルス波形として定める。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、この従来技術による手法では、記録密度が非常に高く再生波形の信号振幅が大きく低下した場合には、ノイズの影響が無視できなくなる。したがって、上述のパルス応答の時系列データ h_j や ε' の最小値の導出精度が低くなり、記録ストラテジの最適化が難しくなるという問題がある。また、この従来技術による手法では、再生波形からクロック周波数が抽出され、このクロック周波数を利用して、再生波形のサンプリングが行われている。このため、データの処理に時間がかかってしまうという問題がある。

【0009】

本発明はこれらの課題に鑑みてなされたものであって、その目的は、記録密度が高い場合であっても、精度良く、かつ、短時間に記録ストラテジが最適化される光学情報の記録方法および記録装置を提供することである。

【0010】

【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するため、本発明によれば、クロック周期に同期した記録信

号を基礎として生成された記録パルス波形のレーザ光を光記録再生装置に載置された光記録媒体に照射して前記光記録媒体のトラックに記録マーク群を形成し、前記記録マーク群を読み出すことによって再生波形を得る光学情報の記録再生方法において、前記再生波形をサンプリングしたサンプリング値から前記クロック周期毎の前記再生波形の時系列データを導出し、前記再生波形および前記記録信号を、それぞれ、次のように時系列データ $[y_0, y_1, \dots, y_k, \dots, y_{n-1}, y_n]$ 、 $[a_0, a_1, \dots, a_k, \dots, a_{n-1}, a_n]$ (n は 0 以上の整数、 k は $0 \leq k \leq n$ を満たす整数) であらわし、 ε 、 R および h_i (i は $0 \leq i \leq k$ を満たす整数) を下記式 (1)、式 (2) で定義したとき、

【数 4】

$$\varepsilon = \sum_k (y_k - \sum_i a_{k-i} \times h_i)^2 \quad \dots\dots (1)$$

【数 5】

$$R = \sum_k y_k^2 / \sum_k (y_k - \sum_i a_{k-i} \times h_i)^2 \quad \dots\dots (2)$$

前記 h_i に適当な値を代入することによって前記 ε の値を求め、前記 ε の値が最小となるように記録パルス波形を調整するか、あるいは、前記 h_i に適当な値を代入することによって前記 R の値を求め、前記 R の値が最大となるように記録パルス波形を調整する光学情報の記録再生方法であって、同一の記録パルス波形を記録再生して得られる複数個の再生波形をサンプリングしたサンプリング値を平均化する過程を有することを特徴とする光学情報の記録再生方法、が提供される。

そして、好ましくは、前記複数個の再生波形が、3 個以上の再生波形である。

【0 0 1 1】

また、上記の目的を達成するため、本発明によれば、クロック周期に同期した記録信号を基礎として生成された記録パルス波形のレーザ光を光記録再生装置に載置された光記録媒体に照射して前記光記録媒体のトラックに記録マーク群を形成し、前記記録マーク群を読み出すことによって再生波形を得る光学情報の記録再生方法において、前記再生波形をサンプリングしたサンプリング値から前記ク

ロック周期毎の前記再生波形の時系列データを導出し、前記再生波形および前記記録信号を、それぞれ、次のように時系列データ $[y_0, y_1, \dots, y_k, \dots, y_{n-1}, y_n]$ 、 $[a_0, a_1, \dots, a_k, \dots, a_{n-1}, a_n]$ (n は正の整数、 k は $0 \leq k \leq n$ を満たす整数) であらわし、 R および h_i (i は $0 \leq i \leq k$ を満たす整数) を上記式 (2) で定義したとき、一記録パルス波形に対し前記 h_i に適当な値を代入することによって前記 R の最大値 R_{max} を求める光学情報の記録再生方法であって、前記レーザ光のビーム径を w 、前記記録マーク群の中で最も短い記録マークの長さを L としたとき、 $10 \times \log_{10} R_{max} \geq 21 - 20 (L/w)$ の関係が満足される光学情報の記録再生方法、が提供される。

そして、好ましくは、再生波形を得るに、同一の記録パルス波形を記録再生して得られる複数個の再生波形を平均化する。

【0012】

また、上記の目的を達成するため、本発明によれば、
光記録媒体にレーザ光を照射しその反射光を受光する光ヘッドと、
前記レーザの出力光強度を変化させるレーザ駆動部と、
複数の同一記録信号を記録パルス波形に変換しこれを前記レーザ駆動部に伝達する機能と、前記複数の同一記録信号に基づく記録パルス波形により光記憶媒体に記録された記録マークの再生波形を平均化する機能と、平均化された再生波形から定められるパルス応答パルス応答および前記記録信号の畳み込みで求められる波形と前記平均化された再生波形との差が最も小さくなるように記録パルス波形を調整して最適な記録パルス波形を求める機能と、を備えた制御部と、
を有する光学情報の記録再生装置、が提供される。

【0013】

また、上記の目的を達成するため、本発明によれば、
光記録媒体にレーザ光を照射しその反射光を受光する光ヘッドと、
前記レーザの出力光強度を変化させるレーザ駆動部と、
記録信号を記録パルス波形に変換しこれを前記レーザ駆動部に伝達する機能と、
前記光ヘッドと前記レーザ駆動部を介して前記記録信号に基づく記録パルス波形

により光記憶媒体に記録された記録マークの再生波形を入手する機能と、前記再生波形の時系列データを導出し、前記再生波形および前記記録信号を、それぞれ、次のように時系列データ $[y_0, y_1, \dots, y_k, \dots, y_{n-1}, y_n]$ 、 $[a_0, a_1, \dots, a_k, \dots, a_{n-1}, a_n]$ (n は正の整数、 k は $0 \leq k \leq n$ を満たす整数) であらわし、 R および h_i (i は $0 \leq i \leq k$ を満たす整数) を上記式 (2) で定義したとき、一記録パルス波形に対し前記 h_i に適当な値を代入することによって前記 R の最大値 R_{max} を求める機能と、を備えた制御部と、を有する光学情報の記録再生装置において、前記制御部は、前記レーザ光のビーム径を w 、前記記録マーク群の中で最も短い記録マークの長さを L としたとき、対数表示された R_{max} が、対数表示 R を縦軸、 L/w を横軸とする対数表示 $R - L/w$ 平面上で特定の直線より上に存在するように記録パルス波形を決定する機能がさらに備えられていること特徴とする光学情報の記録再生方法、が提供される。

そして、好ましくは、前記記録信号を記録パルス波形に変換する機能には、複数の同一の記録信号を記録パルス波形に変換する機能が含まれ、前記再生波形を入手する機能には、同一の記録パルス波形を再生して得られる複数個の再生波形を平均化する機能が含まれている。

【 0 0 1 4 】

【発明の実施の形態】

次に、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

図 1 は、本発明の実施の形態に係る光学情報記録装置のブロック図である。図 2 は、図 1 の光学情報記録装置の記録に使用される記録データと記録パルス波形の波形図の一部である。図 3 は、図 1 の光学情報記録装置の CPU に取り込まれる繰り返し再生波形の波形図である。図 4 は、図 3 の繰り返し再生波形を平均化した波形図である。図 5 は、本実施の形態に用いられる光ディスクの断面図である。

上述したように、記録密度の高密度化が進み、ディスク上に記録される記録マーク長が短くなるにつれて、再生波形の信号振幅が低下し、ノイズの影響が大きくなる。このノイズは、記録再生系の本来持っているパルス応答とは異なるパル

ス応答を与えるように働く、もしくは、パルス応答の算出を不確定なものにする。したがって、パルス応答と記録データとの畳み込み演算で求められる演算結果と再生波形との差もまた、ノイズの存在しない場合の差と異なるもの、あるいは、不確定なものとなり、選択される記録パルス波形を最適な記録ストラテジを持つ波形と異なるものとする。本発明者は、同一の記録パルス波形を光記録媒体上に複数回繰り返し記録して記録マークを形成し、この記録マークから再生した複数の再生波形の平均化操作を行うことにより、ランダム性のノイズの影響が低減され、最適な記録ストラテジを持つ記録パルス波形を導出できることを見出したので、以下に詳述する。

【 0 0 1 5 】

図 1 に示すように、本実施の形態の光学情報の記録再生装置 1 は、光ディスク 2 にレーザ光を照射する光ヘッド 3 と、レーザ光の強度を変化させる駆動部としての LD ドライバ 4 と、制御部としての CPU 5 とを備えている。CPU 5 は、LD ドライバ 4 および光ヘッド 3 を介して記録データを種々の記録パルス波形に変換して光ディスク上に記録マークとして記録する機能と、光ディスク上の記録マーク情報を光ヘッドを介して再生して再生波形を得る機能と、各記録パルス波形において再生された再生波形からパルス応答を導出する機能と、このパルス応答及び記録データの畳み込みで求められる波形と再生波形との差が最も小さくなるように記録パルス波形を調整して最適な記録パルス波形を求める機能と、再生波形を平均化する機能、とを有する。これらの機能は、CPU に記憶されたソフトウェアによって実現されている。

【 0 0 1 6 】

記録ストラテジ決定のために使用される記録データは、例えば M 系列等の一般的なランダムデータを適当に変調することによって得られる。記録データの長さとしては 200 ビット程度あれば、パルス応答を精度良く導出するのに十分である。

【 0 0 1 7 】

再生波形の平均化操作は、ある 1 本のトラックに記録されている記録マークを複数回再生し、得られた再生波形を平均化することによってなされてもよい。し

かし、データの取り込み時間を短縮するためには、同一の記録パルス波形の複数回の繰り返しパターンを同一トラック内に記録し、これを再生して平均化操作を行う方がより望ましい。記録領域が非常に長くなると、単一トラック周内においても信号振幅が変動してしまい、正確な平均化操作を行うことが困難となる場合もある。しかしながら、本実施の形態で用いられる記録データはたかだか200ビット程度であるので、1ビット長を $0.5\mu\text{m}$ として、例えば10回の繰り返しパターンが使用されても、その占める領域はトラック1周のうちのごくわずかの領域であるにすぎず、信号振幅が変動することはない。

【0018】

パルス応答を導出するためには、クロック周期での再生波形の時系列データが必要である。クロック周期は、通常、PLL（位相同期ループ）を用いて再生波形から抽出されるが、この操作には一定の時間が必要である。本発明においては、PLLによるクロック周期の抽出は行われず、クロック周期以下の周期で再生波形のサンプリングが行われる。このサンプリングによって得られた再生波形の時系列データがCPUに取り込まれ、この時系列データから補間法にてクロック周期での再生波形の時系列データが求められる。このようにして求められたクロック周期での再生波形の時系列データを用いて、パルス応答が導出される。これによって、パルス応答の導出時間を短縮することが可能である。

【0019】

図2に、本実施の形態に用いた記録データと記録パルス波形の一部をクロック信号とともに示す。Tは、クロック周期である。最適な記録ストラテジを有する記録パルス波形は、以下のようにして導出される。まず、光ヘッドからのレーザ光によって記録パルス波形が光ディスクに記録されて記録マークが形成され、この記録マーク情報が読み出されて再生波形となる。再生された再生波形がクロック周期以下の周期でサンプリングされ、CPUに取り込まれる。図3は、図2の記録パルス波形が3回繰り返して同一トラックに記録された後に再生された再生波形の一部を示している。図3において、図示の簡単のために、繰り返しのそれぞれにおいて、図2の記録データのうちの最初の5Tの長さの部分の記録データに対応する再生波形のパルスのみが示されている。 $z_{p,1} \cdots z_{p+3,1}, z$

$z_p, z_{p+3}, z_p, z_{p+3}, z_p$ は、繰り返しのそれぞれにおける再生波形の時系列データである。ここで、 z の最初の添え字は、繰り返しのそれぞれにおけるサンプリングの順番を表し、2番目の添え字は繰り返しの回数を表している。次に、同一の p 値における3つの再生波形データ z_p, z_{p+3}, z_p を平均した平均再生波形の時系列データ z_p が求められる。図4は、このようにして求められた平均再生波形の時系列データ z_p を白抜きの丸印にてプロットしたものである。次に、クロック信号の“0”と“1”との遷移点における時系列データ y_k が、その前後の時系列データ z_p を補間することによって得られる。図4の下向きの矢印で示される点が、 y_k を与える補間点である。このような補間を容易に行うためには、例えば、記録データの先頭に基準パルスが付加し、再生の際にこの基準パルスを記録した基準マークからの再生信号を起点として時系列データを取り込めばよい。 k は、 $0 \leq k \leq n$ を満たす整数である。 n は、0以上の整数である。時系列データ y_k の全数は、 $(n+1)$ 個である。いま、 ε が、次の式(1)で定義されるものとする。但し、 i は、 $0 \leq i \leq k$ を満たす整数である。

【0020】

【数6】

$$\varepsilon = \sum_k (y_k - \sum_i a_{k-i} \times h_i)^2 \quad \dots\dots (1)$$

【0021】

ここで、 a_{k-i} は記録データである。例えば最小二乗法によって、あるいは、偏微分方程式 $\partial \varepsilon / \partial h_i = 0$ を解くことによって、 ε が最小値を取る時系列データ h_i を求めると、 k の最大値、即ち、時系列データ y_k の個数にもよるが、得られた時系列データ h_i は、高い精度で記録再生系のパルス応答 h の時系列データを与える。パルス応答 h の時系列データ h_i が零でない有限の大きさを取る範囲は、記録再生系の回路特性、光ヘッド特性、ならびに記録密度などに依存するが、通常、 $i = 2 \sim 20$ 程度であり、それ以上の i の値に対しては、事実上、 $h_i = 0$ としてよい。したがって、式(1)において、 i に対する和は、最大で

も20程度とれば十分である。

【0022】

次に、記録ストラテジを変化させて上述の過程を実施し、パルス応答の時系列データならびにそのときの ε の最小値を求める。同様に、順次、記録ストラテジを変化させて求められる ε の最小値のうちで最も小さな値を持つ記録ストラテジが、最適な記録ストラテジである。 ε の値が小さいということは、記録データと再生波形データとの線型性が高いということであり、マークエッジ記録で想定している再生波形に近い再生波形が得られるということを意味する。理想的には ε の値を0とすることが望ましいが、再生波形にはディスクノイズやレーザノイズ、回路ノイズ等、ノイズの影響があるので、実際には ε の値を完全に0とすることは難しく、記録ストラテジを変化させた中で最も ε の値を小さくすることができた記録ストラテジが最適な記録ストラテジということになる。

【0023】

記録ストラテジ最適化の指標としては、 ε に換えて、次の式(2)あるいは式(3)で定義されるRあるいはIが用いられてもよい。

【0024】

【数7】

$$R = \sum_k y_k^2 / \sum_k (y_k - \sum_i a_{k-i} \times h_i)^2 \quad \dots\dots (2)$$

【0025】

【数8】

$$\begin{aligned} I &= 10 \log_{10} R \\ &= 10 \log_{10} \left[\sum_k y_k^2 / \sum_k (y_k - \sum_i a_{k-i} \times h_i)^2 \right] \quad \dots\dots (3) \end{aligned}$$

【0026】

式(2)から明らかなように、指標Rは、指標 ε を再生波形の時系列データで規格化して、その逆数をとったものである。指標Iは、指標Rの対数表示である。記録ストラテジの最適化は、記録パルス波形のパルス幅やパルス間隔を調整して行われるが、これらの量を多少変更しても、再生波形の時系列データ y_k の二乗

の総和は大きくは変化しない (y_k の絶対値が大きくなるのは長マークや長スペースに対してであり、ストラテジの調整が主に必要なのは短マークや短スペースに対してである) ので、 ε を最小化する代りに、 R あるいは I を最大化しても結果に影響を与えることはない。 ε の単位が信号振幅の二乗であり、再生回路のゲインや再生パワー等により変化する量であるのに対して、 R および I は、それら再生回路のゲインや再生パワー等に依存しない無次元量であるという利点を有する。

【 0 0 2 7 】

図 5 は、本実施の形態において用いた光ディスクの断面図である。図 5 に示すように、本実施の形態において用いた光ディスクでは、プラスチック基板 1 0 に、反射膜 1 1、保護膜 1 2、記録膜 1 3、保護層 1 4 および光透過層 1 5 が、この順に積層されている。記録膜 1 3 は、相変化型記録媒体で形成されている。プラスチック基板 1 0 にはポリカーボネートが用いられ、その案内溝ピッチは 0 . 3 2 μm である。また、本実施の形態の光ヘッドのレーザ波長は 4 0 0 nm、その NA 値は 0 . 8 5 である。

【 0 0 2 8 】

〔実施例 1〕

図 6 は、本発明の実施例 1 における記録ストラテジ最適化を説明するための記録信号と記録パルス波形の波形図の一部である。図 7 は、図 6 の記録パルス波形の先頭パルス幅一指標 I 特性図である。図 8 は、図 6 の記録パルス波形の繰り返し回数一指標 I 特性図である。図 9 は、図 6 の記録パルス波形の先頭パルス幅一指標 I 、 $E 2$ 特性図である。図 1 0 は、図 6 の記録パルス波形の先頭パルス幅一ビット誤り率特性図である。図 1 1 は、本実施例における記録ストラテジ最適化により得られる指標 I ービット誤り率特性図である。

線速 5 . 5 m / s でディスク回転を行いながら、クロック周波数 9 0 MHz で光ディスク上に記録を行った。光ヘッドからのレーザ光が、光ディスクの光透過層側から入射され、案内溝間の平坦部に記録マークが形成された。記録パワーは 4 mW、消去パワーは 1 . 5 mW である。光ディスク上の光ビームの直径は、0 . 4 μm である。また、マークエッジ記録に適合するように、上述の 2 0 0 ビッ

トの長さのM系列疑似ランダムデータを1-7 R L L (Run Length Limited) 変換し、N R Z I (NonReturn-to-Zero-Inverted) 変調符号化を行って、記録データを生成した。この場合、ディスク上には、再生時間換算で2 T ~ 8 Tの長さの7種類の記録マーク（以後、それぞれ、「2 Tの記録マーク」、…、「8 Tの記録マーク」という）が形成され、最短記録マークの長さは0.12 μ mとなる。Tはクロック周期であり、本実施例においては $T = 11.11$ nsである。

【0029】

図6は、記録ストラテジを説明するために、3 Tのパルス幅の記録データとそれに対応する記録パルス波形とを示している。以下において、3 Tのパルス幅の記録データに対応する記録パルス波形を、3 T信号という。他の長さの記録信号に対応する記録パルス波形においても、同様である。図6に示すように、記録パルス波形は、消去パワーレベルの区間 T_{st} の後に、パルス幅 T_{top} で記録パワーレベルの先頭パルスと、パルス幅 T_{smp} でバイアスパワーレベルの低レベルパルスとパルス幅 T_{mp} で記録パワーレベルの高レベルパルスとよりなるマルチパルス部と、パルス幅 T_{cl} のクーリング部と、を持つパルス信号である。クーリング部には、通常、0.1 ~ 0.5 mW程度のレーザパワーが存在するが、完全にレーザパワーを零にしても得られる結果にほとんど変化はない。区間 T_{st} 、パルス幅 T_{top} 、 T_{smp} 、 T_{mp} 、 T_{cl} が、記録ストラテジを最適化するための記録補償パラメータとして用いられ得る。

【0030】

これらの記録補償パラメータの調整のなかで、高密度記録条件下で特に必要となるのは、2 T信号および3 T信号の記録補償パラメータの調整である。4 T信号 ~ 8 T信号の記録補償パラメータは各信号毎に調整する必要は必ずしもなく、例えば4 T信号を最適化すれば、他の信号は、マルチパルス部のパルス数を増減することによって最適化することが可能である。

【0031】

以下に、3 T信号を例として、その先頭パルスのパルス幅 T_{top} を変化させて記録ストラテジを最適化するステップを述べる。表1に本実施例において用いた各パラメータを示す。本実施例においては、3 T信号の先頭パルス開始前期間

T_{st} と先頭パルスのパルス幅 T_{top} のみを変化させ、 $2T$ 、 $4 \sim 8T$ 信号の記録補償パラメータは固定とした。表1で、マルチパルス部のパルス幅 T_{smp} の低レベルパルスとパルス幅 T_{mp} の高レベルパルスとで形成される対の数が、 $4T$ 信号において2対、 $5T$ 信号において3対というように、 $3T$ 信号から $8T$ 信号にかけて1対ずつ増加される。

【0032】

【表1】

記録補償パラメータ（実施例1）

	T_{st}	T_{top}	T_{smp}	T_{mp}	T_{cl}
$2T$	$1.65T$	$0.35T$			$0.3T$
$3T$	$2T - T_{top}$	$0.3T \sim 0.5T$	$0.5T$	$0.5T$	$0.4T$
$4T \sim 8T$	$1.5T$	$0.5T$	$0.5T$	$0.5T$	$0.4T$

【0033】

まず、上述のように生成された記録データを、図2に示すような形状の記録パルス波形に変換し、その記録パルス波形の8回の繰り返しパターンを光ディスクに記録し、記録ストラテジ最適化に必要な平均操作回数を調べた。その際、記録パルス波形の繰り返し毎に、各記録パルス波形の先頭に $10T$ の基準マークが記録され、この $10T$ の基準マークから再生される再生波形を起点として、再生波形の時系列データが取り込まれた。これは、データ取り込みの位置精度を高めるためである。なお、起点となるべき基準マークあるいはスペースは $10T$ の長さに限る必要はなく、記録データに用いられないパターンで、かつ、安定に検出できる長さ（光ビームの直径以上）を有していればよい。

【0034】

図7は、 $3T$ 信号の先頭パルスのパルス幅 T_{top} を $0.3T$ から $0.5T$ まで変化させたときの指標 I をプロットしたものである。図7において、4本の曲線は、それぞれ、8個の繰り返し記録パルス波形のうちの1個、2個、3個、8個を平均化した場合のものである。図7に示すように、平均化個数：1（平均化

操作なし) 及び平均化個数: 2 の平均化操作では、ノイズの影響で指標 I の値が小さく、かつ、記録ストラテジ最適化のための記録補償パラメータである先頭パルスのパルス幅 T_{top} の変化に対する指標 I の変化が明確でない。したがって、平均化個数: 2 以下の平均化操作では、最適な記録ストラテジを決定することが困難である。平均化個数: 3 以上の平均化操作では、指標 I の値が大きく、かつ、先頭パルスのパルス幅 T_{top} の変化に対する指標 I の変化も明確である。また、平均化個数: 3 以上の平均化操作では、指標 I の値が、平均化個数にほとんど依存しない。図 8 は、先頭パルスのパルス幅 T_{top} が $0.4T$ である $3T$ 信号の平均化個数に対して、指標 I をプロットしたものである。図 8 に示すように、平均化個数: 2 以下の平均化操作では、指標 I の値が変化するが、平均化個数: 3 以上の平均化操作では、指標 I の値がほぼ一定になる。したがって、平均化個数: 3 以上の平均化操作によって、ノイズによる影響がほとんど完全に除去される。

【0035】

図 9 は、 $3T$ 信号の先頭パルスのパルス幅 T_{top} を $0.3T$ から $0.5T$ まで変化させたときの指標 I と指標 ε とをプロットしたものである。指標 I と指標 ε との値は、記録パルス波形の 3 回の繰り返しパターンの平均化操作から得られた値である。図 9 に示すように、先頭パルスのパルス幅 T_{top} が同一の $0.4T$ のとき、指標 I が最大になり、指標 ε が最小となる。これは、指標 ε に代えて指標 I を用いることが妥当であることを示している。

【0036】

図 10 は、 $3T$ 信号の先頭パルスのパルス幅 T_{top} を $0.3T$ から $0.5T$ まで変化させたときのビット誤り率 $b.e.r.$ をプロットしたものである。ビット誤り率の値は、記録パルス波形の 3 回の繰り返しパターンの平均化操作から得られた値である。図 10 に示すように、ビット誤り率は、先頭パルスのパルス幅 T_{top} が $0.4T$ のとき最小になる。この先頭パルスのパルス幅 $0.4T$ は、図 7 の指標 I が最大となる先頭パルスのパルス幅 $0.4T$ と等しい。図 11 は、図 7 と図 10 とを用いて、指標 I とビット誤り率との関係を求めて、プロットし直したものである。 $I \geq 15 \text{ dB}$ において、ビット誤り率が 1×10^{-4} 以下

になる。

【 0 0 3 7 】

〔実施例 2〕

図 1 2 は、本発明の実施例 2 における記録ストラテジ最適化を説明するための記録パルス波形のクーリング部のパルス幅—指標 I、ビット誤り率特性図である。

線速 5. 5 m / s でディスク回転を行いながら、クロック周波数 7 0 M H z で光ディスク上に記録を行った。記録パワーは 4 m W、消去パワーは 1. 5 m W である。光ディスク上の光ビームの直径は、0. 4 μ m である。記録データとしては、実施例 1 と同じ記録データで、クロック周波数のみ変化させた。この場合、ディスク上には、実施例 1 と同様に、2 T ~ 8 T の記録マークが形成されるが、最短記録マークの長さは 0. 1 6 μ m となる。クロック周期 T は、T = 1 4. 2 9 n s である。

【 0 0 3 8 】

本実施例においては、調整される記録補償パラメータとして、2 T 信号のクーリング部のパルス幅 T c 1 が選択された。表 2 に本実施例において用いた各パラメータを示す。本実施例においては、2 T 信号のパルス幅 T c 1 のみを 0. 2 ~ 0. 4 T と変化させ、3 ~ 8 T 信号の記録補償パラメータは固定とした。表 2 において、マルチパルス部のパルス対の数が、3 T 信号において 1 対であり、3 T 信号から 8 T 信号にかけて 1 対ずつ増加されている。

【 0 0 3 9 】

【表 2】

記録補償パラメータ（実施例 2）

	Tst	Ttop	Tsmp	Tmp	Tcl
2T	1.65T	0.35T			0.2T~0.4T
3T	1.6T	0.4T	0.5T	0.5T	0.4T
4T-8T	1.5T	0.5T	0.5T	0.5T	0.4T

【0040】

記録パルス波形の繰り返し回数を3回とし、3個の繰り返しパターンの平均値として、指標Iおよびビット誤り率 $b.e.r.$ が算出された。図12は、このようにして得られた指標Iおよびビット誤り率を、2T信号のクーリング部のパルス幅 T_{c1} に対してプロットしたものである。図12に示すように、2T信号のクーリング部のパルス幅 T_{c1} としては、 $0.3T$ が最適である。また、 $I \geq 14 \text{ dB}$ において、ビット誤り率が 1×10^{-4} 以下になる。

【0041】

〔実施例3〕

図13は、本発明の実施例3における記録ストラテジ最適化により得られる最短ビット長-指標I特性図である。

線速 5.5 m/s でディスク回転を行いながら、クロック周波数を変化させて、光ディスク上に記録される最短記録マーク長が $0.11 \mu\text{m} \sim 0.16 \mu\text{m}$ の範囲で変化するように記録を行った。記録パワーは 4 mW 、消去パワーは 1.5 mW である。記録データとしては、実施例1と同じ記録データ、クロック周波数のみ変化させた。

【0042】

実施例2においては、2T信号のクーリング部のパルス幅 T_{c1} を変化させて、指標Iおよびビット誤り率を測定したが、本実施例では、各クロック周波数における各最短記録マーク長において、2T信号のパルス幅 T_{top} を変化させて、3個の同一記録データについて再生してその平均値を得、その結果から指標Iおよびビット誤り率を求めた。図13に、各最短記録マーク長 L において、ビット誤り率が 1×10^{-4} となる指標Iの値がプロットされている。このときの記録再生に用いたレーザ光のビーム径は、 $0.4 \mu\text{m}$ である。指標Iは、図中、ほぼ一直線上にあり、その直線を境にして紙面上方の領域が、 1×10^{-4} 以下のビット誤り率を与える指標Iの領域である。即ち、 $I \geq 21 - 50L$ の条件が満足されたときに、ビット誤り率が 1×10^{-4} 以下となる。

【0043】

次に、レーザ光のビーム径 w を変化させて、同様の測定を行い、各ビーム径 w

において、図 1 3 と同様に、ビット誤り率が 1×10^{-4} となる指標 I の値をプロットしたところ、いずれのビーム径を用いた場合においても、ビット誤り率が 1×10^{-4} となる指標 I は、最短記録マーク長 L に反比例し、かつ、 L/w の値が等しい場合に、指標 I の値がほぼ等しくなることが確認された。そこで、 L/w に対して、ビット誤り率が 1×10^{-4} となる指標 I をプロットし直したところ、良好な直線が得られ、その直線は、 $I = 21 - 20 (L/w)$ で近似できることが確認された。即ち、 $I \geq 21 - 20 (L/w)$ の条件が満足されたときに、ビット誤り率が 1×10^{-4} 以下となる。したがって、この条件を満足するように記録ストラテジを調整すれば、ビット誤り率が 1×10^{-4} 以下となる。

【0044】

なお、上記の各実施例では先頭パルスのパルス幅、クーリング部のパルス幅を例として記録ストラテジの最適化について記述したが、本発明は、記録パワーの学習にも使用されることが可能である。すなわち、本発明を用いて記録ストラテジを最適化した後、例えば、記録再生装置内の温度が変化してしまい、記録不良が発生する場合が想定される。その場合、記録ストラテジは変化させないで、記録パワーのみを変化させながら指標 I の値を調べ、指標 I が最大となる記録パワーを見出すことによって、記録パワーの最適化が可能である。

【0045】

以上、本発明をその好適な実施の形態に基づいて説明したが、本発明の光学情報の記録方法および記録装置は、上述した実施の形態のみに制限されるものではなく、本願発明の要旨を変更しない範囲で種々の変化を施した光学情報の記録方法および記録装置も、本発明の範囲に含まれる。例えば、記録媒体としては、相変化光ディスクに限られることなく、光磁気ディスクや追記型ディスク等の記録再生のできる光記録媒体であればいずれでも用いられ得る。また、記録データ生成時に用いた 1-7 変換は、1-7 変換に限らず、2-7 変換等の RLL 符号化を行う変換であればいずれでもよい。

【0046】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明に係る光学情報の記録方法および記録装置は、記

録データに記録ストラテジ処理を施した記録パルス信号を光記録媒体上に記録再生して得られた再生波形と、記録データとパルス応答とを畳み込み演算した波形との差が最小になるようにパルス応答を定めることによって記録ストラテジを最適化する際に、同一の記録パルス波形を光記録媒体の同一トラックに3回以上記録し、再生された再生波形を平均化した再生波形を用いるものであるもので、高記録密度の場合であっても、ノイズの影響を受けることなく、精度良く記録ストラテジの最適化を行うことが可能である。

また、本発明に係る光学情報の記録方法および記録装置は、再生波形のサンプリングの際に、PLLによるクロック周期の抽出を行うことなく、クロック周期よりも短い周期でサンプリングを行って得られたサンプリング値を補完することによってクロック周期毎のサンプリング値を導出するものであるもので、短時間に記録ストラテジの最適化を行うことが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施の形態に係る光学情報記録装置のブロック図。

【図2】 図1の光学情報記録装置の記録に使用される記録データと記録パルス波形の波形図の一部。

【図3】 図1の光学情報記録装置のCPUに取り込まれる繰り返し再生波形の波形図。

【図4】 図3の繰り返し再生波形を平均化した波形図。

【図5】 図1の光学情報記録装置の記録に使用される光ディスクの断面図。

【図6】 本発明の実施例1における記録ストラテジ最適化を説明するための記録データと記録パルス波形との波形図。

【図7】 図6の記録パルス波形の先頭パルス幅-指標I特性図。

【図8】 図6の記録パルス波形の繰り返し回数-指標I特性図。

【図9】 図6の記録パルス波形の先頭パルス幅-指標I、 ε 特性図。

【図10】 図6の記録パルス波形の先頭パルス幅-ビット誤り率特性図。

【図11】 本発明の実施例1における記録ストラテジ最適化により得られる指標I-ビット誤り率特性図。

【図 1 2】 本発明の実施例 2 における記録ストラテジ最適化を説明するための記録パルス波形のクーリング部のパルス幅—指標 I、ビット誤り率特性図。

【図 1 3】 本発明の実施例 3 における記録ストラテジ最適化により得られる最短ビット長—指標 I 特性図。

【符号の説明】

1 光学情報記録装置

2 光ディスク

3 光ヘッド

4 LDドライバ

5 CPU

10 プラスチック基板

11 反射膜

12、14 保護膜

13 記録膜

15 光透過層

T s t 先頭パルス始端開始期間

T t o p、T s m p、T m p、T c l パルス幅

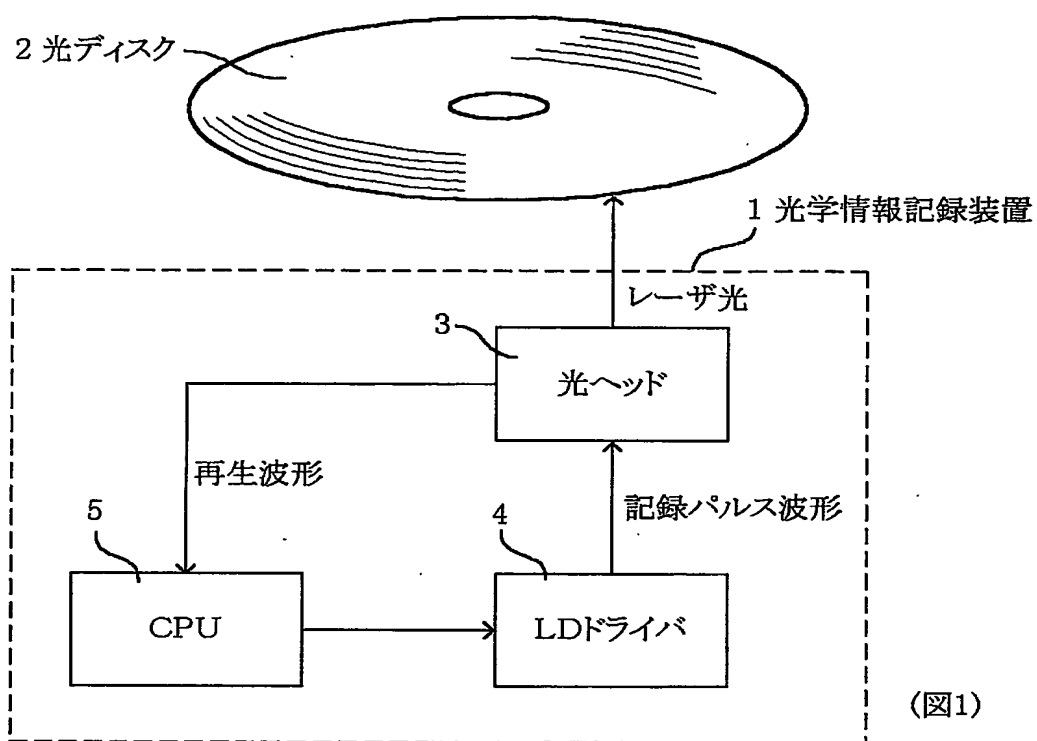
$z_{p, 1}$ 、 $z_{p+3, 1}$ 、 $z_{p, 2}$ 、 $z_{p+3, 2}$ 、 $z_{p, 3}$ 、 $z_{p+3, 3}$
再生波形の時系列データ

z_p 、 z_{p+3} 平均化された再生波形の時系列データ

【書類名】

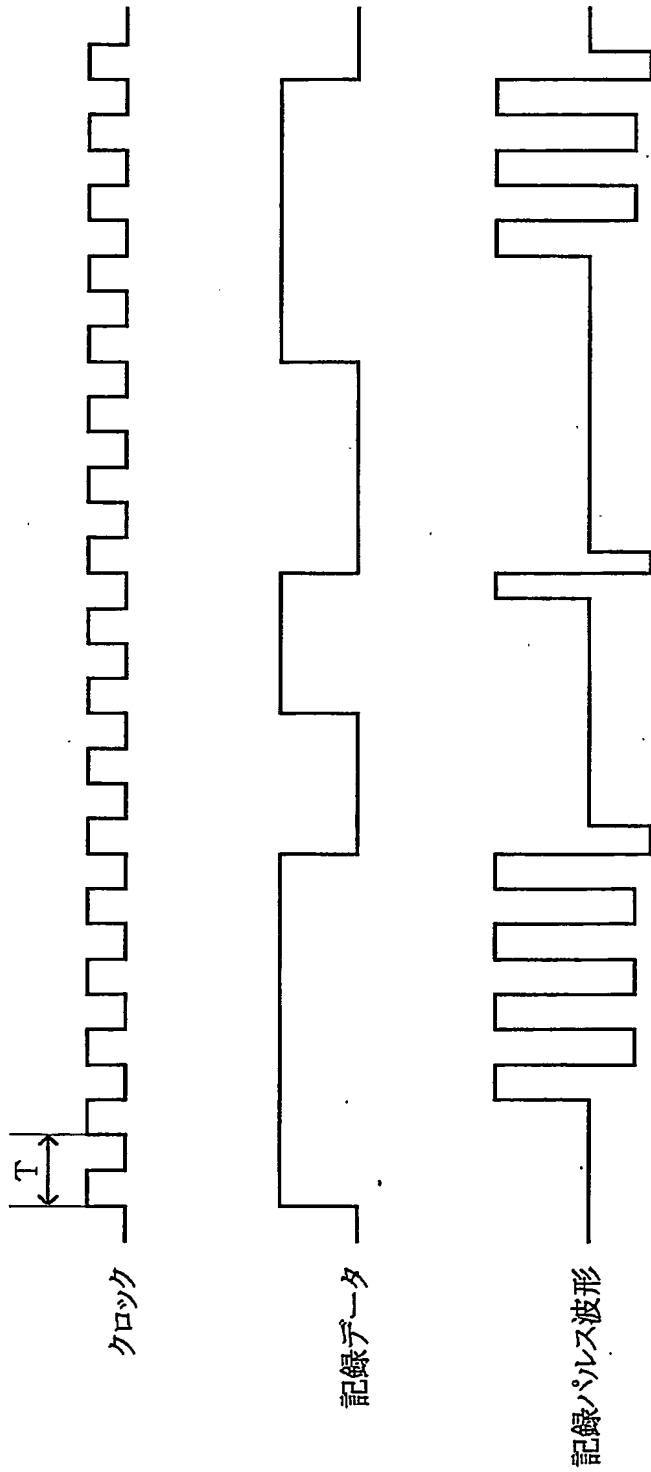
図面

【図1】



(図1)

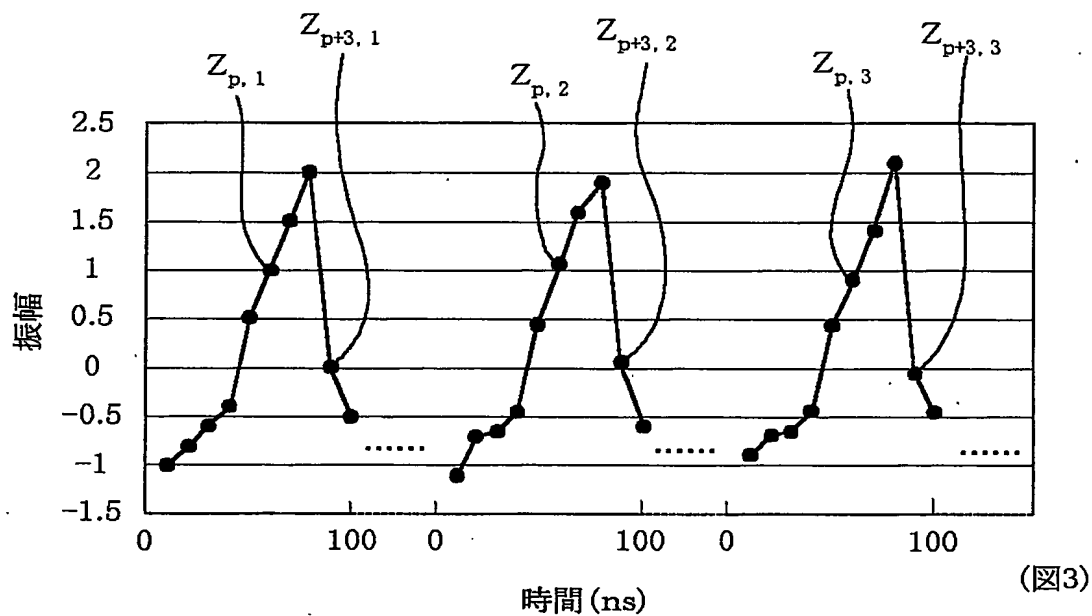
【図 2】



(図2)

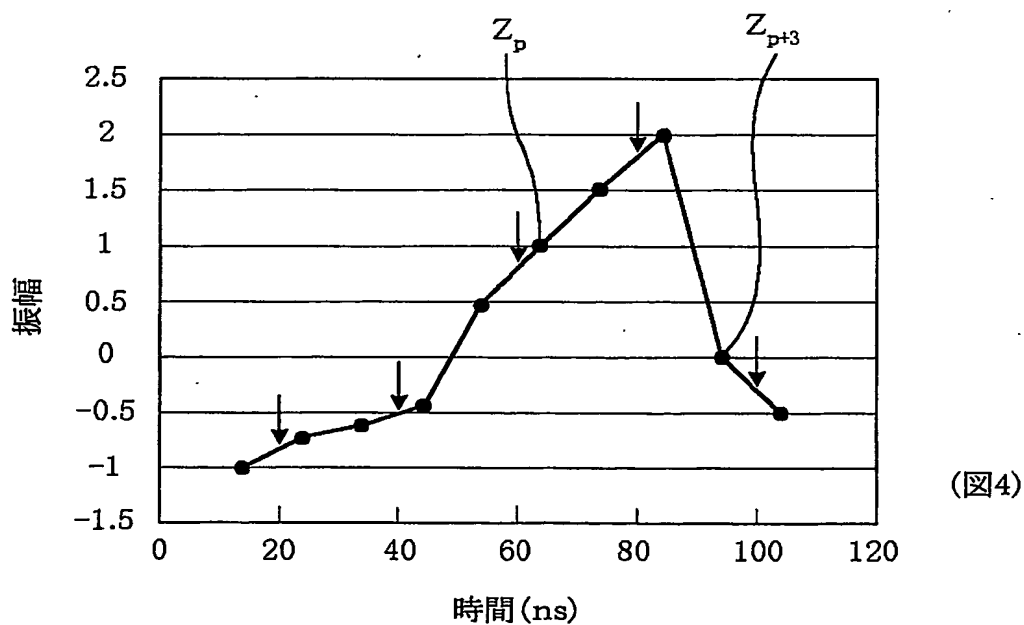
【図 3】

$Z_{p,1}$ 、 $Z_{p,2}$ 、 $Z_{p,3}$ 、 $Z_{p+3,1}$ 、 $Z_{p+3,2}$ 、 $Z_{p+3,3}$ 再生波形の時系列データ



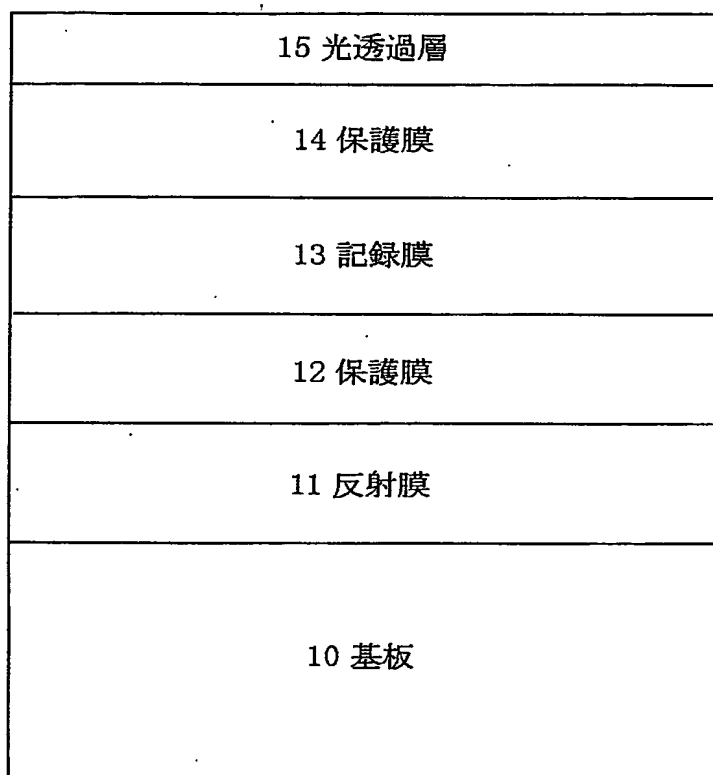
【図 4】

Z_p 、 Z_{p+3} 平均化された再生波形の時系列データ



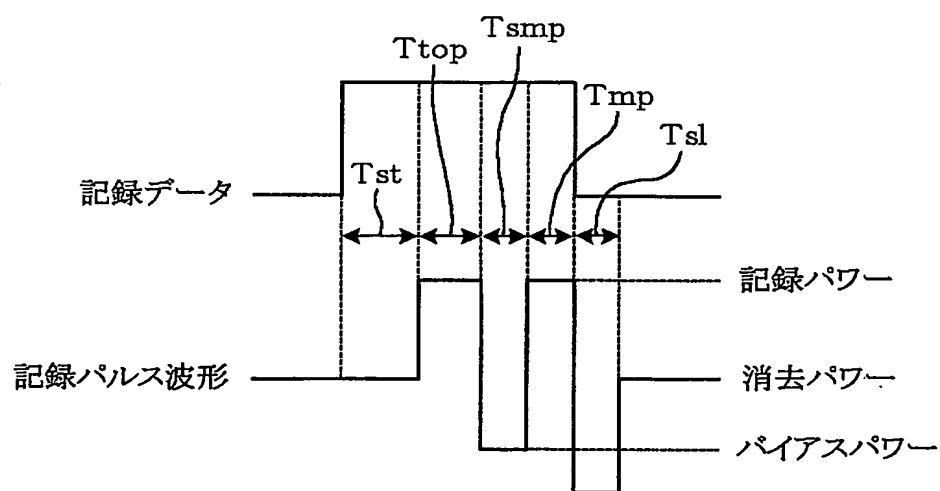
【図5】

レーザ光



(図5)

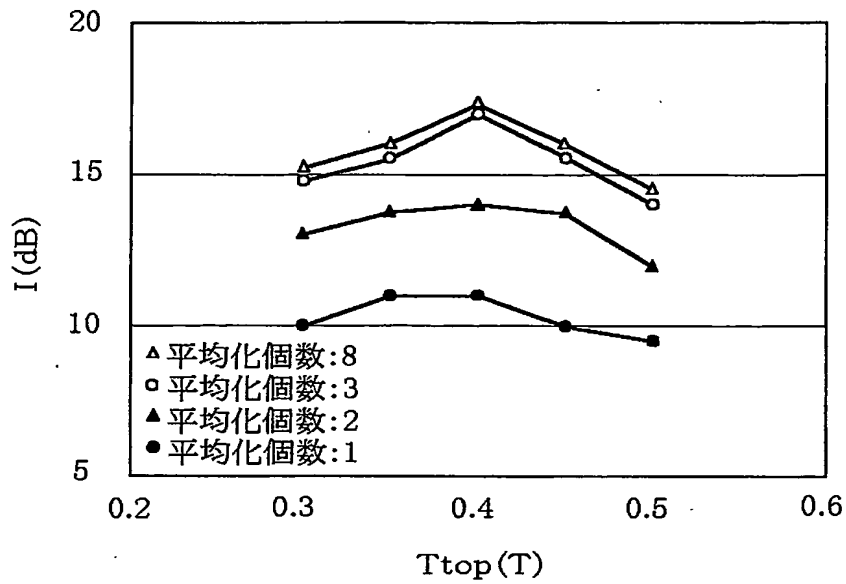
【図6】



Tst 先頭パルス始端開始期間
Ttop、Tsm、Tmp、Tsl パルス幅

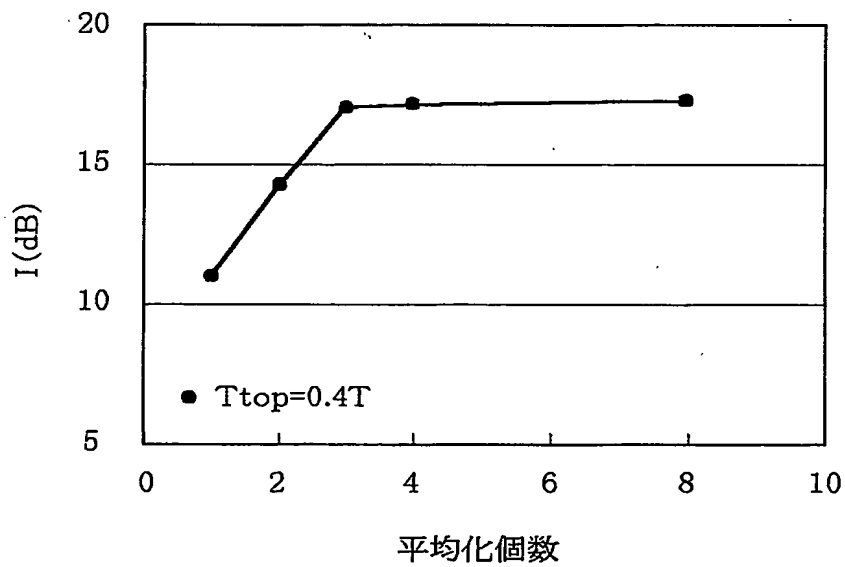
(図6)

【図 7】



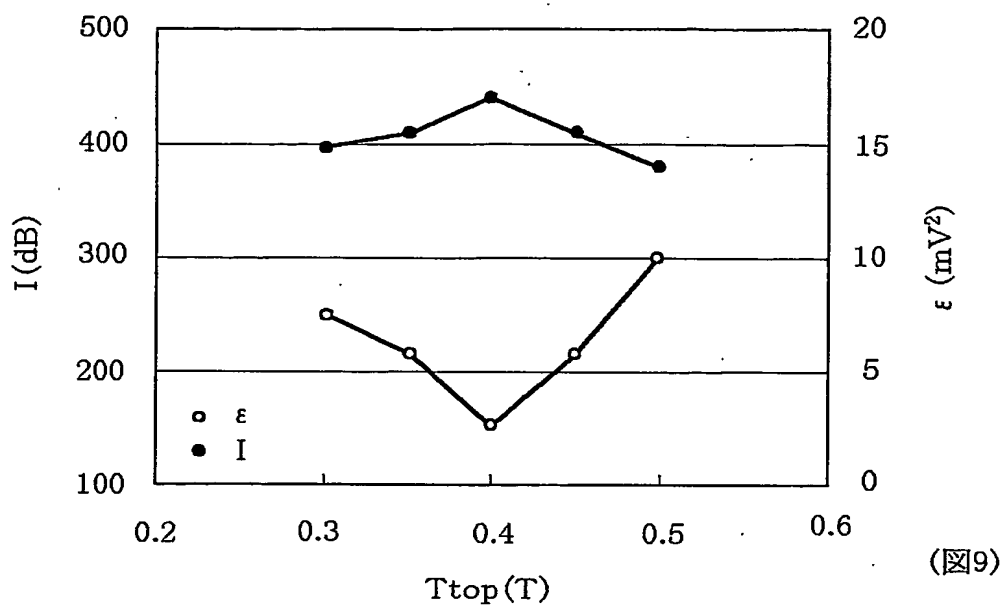
(図7)

【図 8】

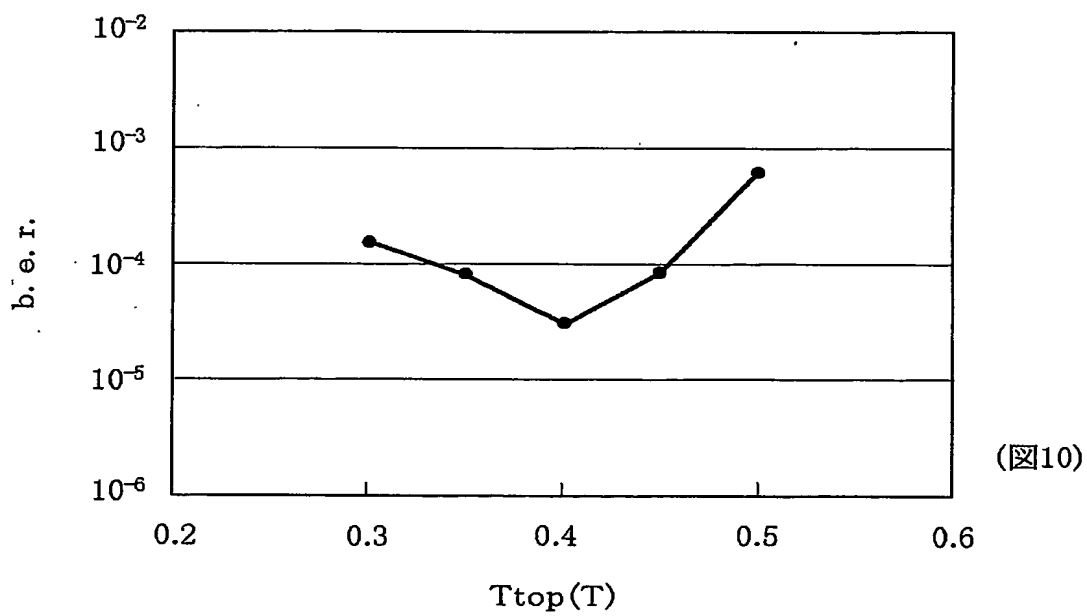


(図8)

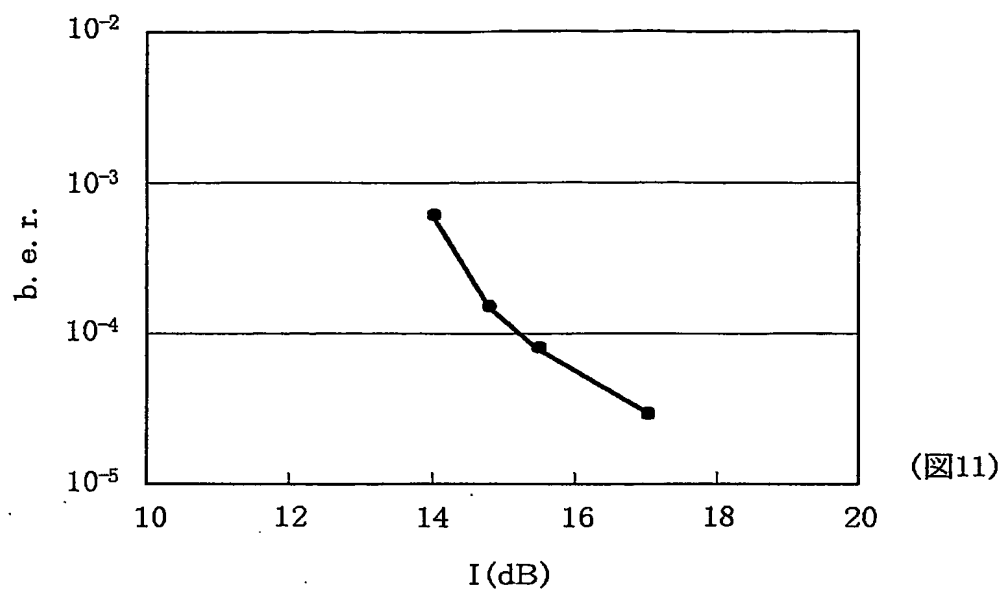
【図 9】



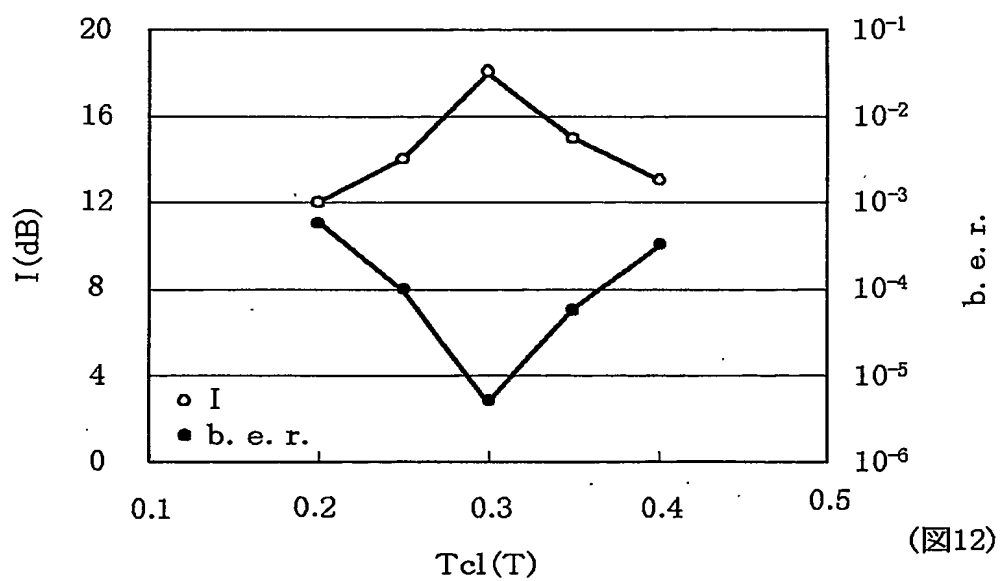
【図 10】



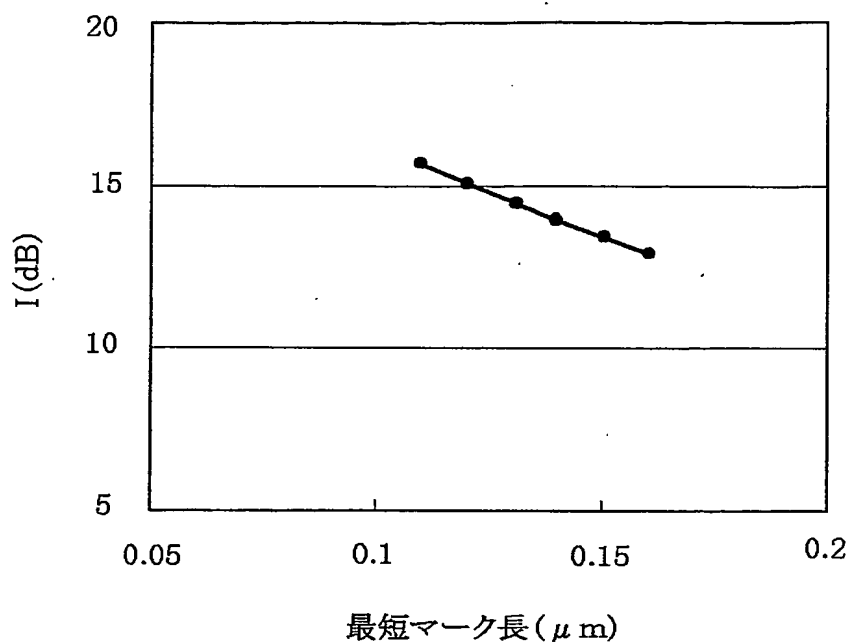
【図 1 1】



【図 1 2】



【図 13】



(図13)

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 高記録密度においてもノイズの影響を受けることなく、精度良く記録ストラテジの最適化を行う。

【解決手段】 記録データに高周波パルスを重ねた記録パルス信号を光記録媒体上に記録再生して得られた再生波形と、記録データとパルス応答とを畳込み演算した波形との差が最小になるようにパルス応答を定めることによって記録ストラテジを最適化する。その際、同一の記録パルス波形を光記録媒体の同一トラックに3回以上記録し、再生された再生波形のサンプリング値 $\cdots z_{p1} \cdots z_{p+3}, 1 \cdots, \cdots z_{p2} \cdots z_{p+3}, 2 \cdots, \cdots z_{p3} \cdots z_{p+3}, 3 \cdots$ をサンプリング順毎に平均化した値を再生波形のデータとして用いる。ここで、 z の最初の添え字はサンプリングの順番を表し、2番目の添え字は繰り返しの回数を表す。平均化したデータを用いるため、再生波形へのランダムノイズの影響を除去することができる。

【選択図】 図3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004237]

1. 変更年月日	1990年 8月29日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都港区芝五丁目7番1号
氏 名	日本電気株式会社